



REC'D 21 MAY 2004

WIPO PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Gebrauchsmusteranmeldung

**Aktenzeichen:** 203 06 455.0

**Anmeldetag:** 19. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** PAPST-MOTOREN GmbH & Co KG,  
78112 St. Georgen/DE

**Bezeichnung:** Lüfter

**IPC:** F 04 D 29/32

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Gebrauchsmusteranmeldung.

München, den 3. März 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

## Lüfter

Die Erfindung betrifft einen Lüfter mit einem Luftförderkanal und einem darin drehbar angeordneten Lüfterrad, dessen Flügel im Bereich ihrer äußeren Kanten mit Strömungselementen versehen sind, die für die Förderströmung widerstandsarm sind und die für die um die Außenkanten der Flügel von der Druck- zur Saugseite verlaufenden Ausgleichsströmungen ein Hindernis darstellen.

Ein Lüfter mit solchen Strömungselementen ist bekannt aus der DE 30 17 226 A der Anmelderin. Diese Offenlegungsschrift zeigt verschiedene Bauweisen solcher Strömungselemente in Verbindung mit gestanzten Lüfterflügeln aus Blech. Diese Strömungselemente reduzieren die Verlustströmung in einem damit ausgestatteten Lüfter.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen neuen Lüfter bereit zu stellen, welcher zumindest in einem vorgegebenen Betriebsbereich ein reduziertes Geräuschniveau aufweist.

Nach einem ersten Aspekt der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch einen Lüfter gemäß Anspruch 1. Es hat sich gezeigt, dass bei einem solchen Lüfter in überraschender Weise die Lüftergeräusche abnehmen, besonders im sogenannten laminaren Bereich, also bei hohen Fördervolumina und relativ kleinem Druckunterschied  $\Delta p$ . Auch im nichtlaminaren Bereich, also bei höheren Förderdrücken und kleineren Luftmengen, tritt bei einem solchen Lüfter eine Geräuschabsenkung auf.

Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung eines solchen Lüfters ist Gegenstand des Anspruchs 2. Eine theoretische Erklärung könnte sein, dass entlang der gesicherten Vorderkante eines Lüfterflügels eine Luftströmung auftritt, und bei der Ausgestaltung gemäß Anspruch 2 fließt diese Luftströmung praktisch bis zum Außenumfang der Nabe, wo die Umfangsgeschwindigkeit am kleinsten ist und folglich durch diese Strömung nur wenig Geräusche erzeugt werden. Naturgemäß wird das Ausmaß der sogenannten Sichelung dadurch begrenzt, dass bei einer sehr stark ausgeprägten Sichelform die axiale Länge eines

solchen Lüfters zu groß werden könnte.

Eine zweite Lösung der gestellten Aufgabe ist Gegenstand des Anspruchs 12. Es hat sich gezeigt, dass eine derartige Ausgestaltung des Profils von Flügel und Strömungselement zu einem besonders ruhigen Lauf des Lüfters beiträgt.

Nach einem dritten Aspekt der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch den Gegenstand des Anspruchs 19. Bei einem derartigen Lüfter erhält man in sehr überraschender Weise besonders im laminaren Strömungsbereich einen reduzierten Schalldruckpegel bei sehr guten Lüftereigenschaften.

Nach einem vierten Aspekt der Erfindung wird die gestellte Aufgabe gelöst durch einen Lüfter gemäß Anspruch 27.

Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den im folgenden beschriebenen und in der Zeichnung dargestellten, in keiner Weise als Einschränkung der Erfindung zu verstehenden Ausführungsbeispielen, sowie aus den Unteransprüchen. Es zeigt:

- Fig. 1 eine Draufsicht auf einen Gerätelüfter, hier einen Axiallüfter, nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Fig. 2 eine Darstellung des Lüfterrades beim Lüfter der Fig. 1,
- Fig. 3 eine raumbildliche Darstellung des Lüfterrades gemäß Fig. 1 und 2,
- Fig. 4 eine Seitenansicht des Lüfterrades der Fig. 1 bis 3,
- Fig. 5 einen Schnitt, gesehen längs der Linie V-V der Fig. 2,
- Fig. 6 einen sagittalen Schnitt durch einen Flügel des Lüfters der Fig. 1 bis 5, gesehen längs der Linie VI-VI der Fig. 2,
- Fig. 7 eine Darstellung von Schalldruckpegel  $L_p$  und Druckanstieg  $\Delta p$  über der Schieberstellung eines Prüfstandes, bei einem Axiallüfter, dessen

Lüfterflügel an der Außenkante keine Strömungselemente haben,

Fig. 8 eine Darstellung analog Fig. 7 für einen Lüfter gleicher Bauart, bei dem jedoch die Lüfterflügel an ihrer Außenkante mit speziellen Strömungselementen versehen sind,

Fig. 9 eine Darstellung, welche die Kurven gemäß Fig. 7 und 8 im Vergleich zeigt; man erkennt, dass man bei diesem Ausführungsbeispiel eine Reduzierung des Schalldruckpegels  $L_p$  erhält, besonders ausgeprägt im laminaren, aber auch im turbulenten Bereich,

Fig. 10 eine Draufsicht analog Fig. 2 auf ein Lüfterrad 122 nach einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 11 eine raumbildliche Darstellung des Lüfterrads 122 der Fig. 10 in einer Darstellung analog Fig. 3, und

Fig. 12 eine Vergleichsdarstellung, welche Lüfterkennlinien für das Lüfterrad 122 nach den Fig. 10 und 11 mit und ohne die speziellen Strömungselemente (Winglets) zeigt.

In den nachfolgenden Figuren werden für gleiche oder gleich wirkende Bauteile jeweils dieselben Bezugszeichen verwendet, ggf. um die Zahl 100 erhöht (z.B. 122 statt 22), und diese Bauteile werden gewöhnlich nur einmal beschrieben.

**Fig. 1** zeigt einen Gerätelüfter 10 üblicher Bauart. Die vorliegende Erfindung kann bei einem Axiallüfter und einem Diagonallüfter realisiert werden. Der in Fig. 1 dargestellte Lüfter 10 hat ein Außengehäuse 12, an dessen vier Ecken jeweils Befestigungsöffnungen 14 vorgesehen sind und der in seinem Inneren einen Luftförderkanal 16 definiert, welcher nach außen hin durch eine Rotationsfläche 17 begrenzt ist und in welchem über Stege 18 die zentrale Nabe 20 eines Lüfterrads 22 drehbar gelagert ist, die im Betrieb von einem innerhalb dieser Nabe 20 angeordneten Elektromotor um eine zentrale Achse 25 (Fig. 4 und 5) gedreht wird. In Fig. 1 dreht sich die Nabe 20 in Richtung eines Pfeiles 24 entgegen dem Uhrzeigersinn. Die Luftströmung ist so, dass die Luft über die

Stege 18 ausgeblasen wird, also durch die Rückseite des Lüfters 10, bezogen auf Fig. 1.

Wie die Fig. 1 bis 5 zeigen, sind auf dem Außenumfang 27 der Nabe 20 fünf Lüfterflügel 26 befestigt, die mit 26A bis 26E bezeichnet sind. Der Winkelabstand  $\beta$  von der Vorderkante 28A des Lüfterflügels 26A zur Vorderkante 28B des Flügels 26B beträgt bei diesem Ausführungsbeispiel  $74^\circ$ . Die Abstände für alle Flügel sind:

Flügel 26A	$74^\circ$	(20,55%)
Flügel 26B	$72^\circ$	(20 %)
Flügel 26C	$70^\circ$	(19,44 %)
Flügel 26D	$76^\circ$	(21,11%)
<u>Flügel 26E</u>	<u><math>68^\circ</math></u>	<u>(18,88 %)</u>
$\Sigma$	$360^\circ$	(ca. 100 %)

Die Flügel 26 sind also ungleich lang, um ein angenehmeres Frequenzspektrum zu erhalten. Naturgemäß stellt diese Art der Verteilung nur eine bevorzugte Ausführungsform dar.

Wie die Fig. 1 bis 3 zeigen, sind die Vorderkanten 28A bis 28E der Flügel 26 konkav und sichelförmig ausgebildet. Die Hinterkanten der Flügel 26 sind mit 36A bis 36E bezeichnet und konvex. Sie sind so ausgebildet, dass ihr Schnitt mit den Stegen 18 "schleifend" erfolgt, also "mit schleifendem Schnitt". Dies bedeutet, dass in den meisten oder allen Drehstellungen und in der Draufsicht gesehen der gedachte Schnitt zwischen einem Steg 18 und einer Hinterkante 36 (die sich selbstverständlich nicht berühren), unter einem Winkel erfolgt, wie das z.B. Fig. 1 klar zeigt. Diese Maßnahme trägt zur Geräuschkämpfung bei.

Die radial äußeren Kanten der Flügel 26 sind mit 40A bis 40E bezeichnet. Wie in Fig. 5 dargestellt, haben diese Kanten 40 einen radialen Abstand  $d$  von der Innenseite 17 des Außengehäuses 12. Dieser "Luftspalt"  $d$  sollte möglichst klein sein und kann z.B. bei einem Lüfterrad 22 mit einem Durchmesser von 80 mm einen Wert von etwa 0,8 mm haben. Wenn dieser Luftspalt  $d$  groß ist, fließt durch ihn eine beträchtliche Verlustströmung von der Druckseite zur Saugseite des

Lüfters 10.

Zur Reduzierung dieser Luftströmung sind die einzelnen Flügel 26 im Bereich ihrer radial äußeren Kanten 40 mit sogenannten Winglets 42A bis 42E versehen, nämlich mit Verbreiterungen der äußeren Flügelkanten 40, die sich bevorzugt in axialer Richtung zur Saugseite und zur Druckseite erstrecken. (Bei Diagonallüftern verwendet man bevorzugt Flügel, bei denen sich solche Winglets nur auf der Saugseite befinden.)

Wie sich aus dem sagittalen Schnitt der Fig. 6 ergibt, haben die Flügel 26 etwa die Querschnittsform einer Flugzeug-Tragfläche, d.h. die Vorderkante 28C ist rund und relativ stumpf. Von ihr aus nimmt die Dicke D eines Flügels 26 zunächst zu und dann in Richtung zur Hinterkante 36 wieder ab, und der Flügel 26 läuft an der Hinterkante 36 spitz zu, um dort die Ausbildung von Wirbeln und daraus folgende Geräusche zu reduzieren bzw. zu vermeiden.

Die Winglets 42 haben einen analogen Verlauf wie der zugehörige Flügel, vgl. Fig. 6, d.h. sie laufen ebenfalls an der Hinterkante 36 spitz zu und sind an der Vorderkante 28 abgerundet, und im Zwischenbereich 48 zwischen dem Bereich der Vorderkante 28 und dem Bereich der Hinterkante 36 ragen sie um einen im wesentlichen konstanten Betrag, z.B. um 1 mm, in axialer Richtung über den Flügel 26 hinaus, wie das die Fig. 5 und 6 klar zeigen. An beiden Enden ist ein gleitender Übergang vorgesehen, d.h. der Betrag von z.B. 1 mm nimmt dort gleitend, insbesondere linear, auf 0 mm ab.

Die Winglets 42, in Verbindung mit dem schmalen Luftspalt d (Fig. 5), bilden einen erhöhten Widerstand für die Verlustströmung, die im Betrieb um den äußeren Rand 40 der Flügel 26 herum von der Druckseite zur Saugseite verläuft.

Wie besonders aus **Fig. 3 und 4** hervorgeht, sind die einzelnen Flügel 26 gewunden, d.h. die Stelle, wo ein Flügel 26 aus der Nabe 20 sozusagen heraus wächst, hat etwa die Form eines Gewindeabschnitts, und ebenso sind auch die äußeren Kanten 40 der Flügel 26 nach Art eines Gewindeabschnitts gewunden, wobei aber, wie dargestellt, die Steigung der Gewindeabschnitte im Bereich der Nabe 20 größer ist als im Bereich der radial äußeren Kanten 40.

**Fig. 7** zeigt für einen Lüfter, dessen Flügel 26 nicht mit Winglets 42 versehen sind, den Druckanstieg  $\Delta p_1$  und den Schalldruckpegel  $L_{p1}$ . Die Kurven wurden auf einem üblichen Lüfter-Prüfstand gemessen, bei dem vor der Druckseite des Lüfters 10 eine verstellbare Drossel (nicht dargestellt) angeordnet ist. Die Öffnung ODR dieser Drossel ist auf der horizontalen Achse mit Werten zwischen 0 und 2500 angegeben, wobei "0" bedeutet, dass diese Drossel geschlossen ist.

Man erkennt, dass bei einer Drosselöffnung unter 1000 der Lüfter 10 im Bereich der turbulenten Strömung arbeitet, wobei nach links der Druck  $\Delta p_1$  und der Schalldruckpegel  $L_{p1}$  ansteigen.

Bei Werten rechts vom Wert 1000 für die Drosselöffnung, also bei weiter geöffneter Drossel, nimmt der Druck  $\Delta p_1$  ab, und entsprechend steigt das geförderte Luftvolumen an, was mit einem höheren  $L_{p1}$  verbunden ist.

**Fig. 8** zeigt die Kurven für das beschriebene Ausführungsbeispiel, d.h. der Lüfter ist zwar der gleiche wie in Fig. 7, aber das Lüfterrad 22 ist mit den beschriebenen Winglets 42 versehen.

Der Verlauf der Druckkurve ( $\Delta p_2$ ) ist gleich wie in Fig. 7, aber der Schalldruckpegel  $L_{p2}$  ist besonders im Bereich größerer Drosselöffnungen (etwa von 1.100 aufwärts) um etwa 1,5 ... 2 dB(A) reduziert.

Im Bereich um die Drosselöffnung 1000 herum stimmen die Kurven  $L_{p1}$  und  $L_{p2}$  weitgehend überein, aber im Bereich unterhalb der Drosselöffnung 600 ist ebenfalls eine Senkung des Schalldruckpegels festzustellen.

Durch die beschriebenen Winglets 42 erhält man also ohne jeden Mehraufwand eine Reduzierung des Schalldruckpegels  $L_p$ , die akustisch wahrnehmbar ist und deren Höhe vom Arbeitspunkt abhängt, an dem der betreffende Lüfter 10 betrieben wird. Die Sichelung der Vorderkanten 28 trägt ebenfalls zu einer Geräuschminderung bei.

Die **Fig. 10 und 11** zeigen ein Lüfterrad 122 nach einem zweiten, besonders

bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer zentralen Nabe 120. Das Außengehäuse dieses Lüfterrads hat die gleiche Form wie das Außengehäuse 12 der Fig. 1 und ist deshalb nicht nochmals dargestellt. Die Drehrichtung ist mit 124 bezeichnet, d.h. das Lüfterrad 122 dreht sich im Uhrzeigersinn. Fig. 11 zeigt einen Blick auf die Saugseite des Lüfterrades 122.

Wie die Fig. 10 und 11 zeigen, sind auf dem Außenumfang 127 der Nabe 120 fünf Lüfterflügel 126 befestigt, die mit 126A bis 126E bezeichnet sind. Diese sind, ebenso wie beim ersten Ausführungsbeispiel, ungleich am Umfang 127 der Nabe 120 verteilt, um ein angenehmes Frequenzspektrum der Lüftergeräusche zu erhalten.

Wie die Fig. 10 und 11 zeigen, sind die Vorderkanten 128A bis 128E der Flügel 126 konkav und stark sichelförmig ausgebildet. Bei diesem Ausführungsbeispiel liegt in bevorzugter Weise das äußere Ende 130A bis 130E der Sichel 128, in Drehrichtung 124 gesehen, vor der Übergangsstelle 132A bis 132E der Sichel 128 in die Nabe 120, wobei in besonders bevorzugter Weise diese Übergangsstellen 132A bis 132E, bezogen auf die Drehrichtung 124, ganz hinten liegen, d.h. die ganze Sichel 128 erstreckt sich, wie dargestellt, von dieser Übergangsstelle 132 aus in Drehrichtung nach vorne. Dadurch ergibt sich z.B. an der Übergangsstelle 132A ein Winkel  $\alpha$  von etwa  $78^\circ$ , unter dem die Sichelkante 128A aus der Nabe 120 austritt. Dieser Winkel  $\alpha$  ist z.B. bei den Fig. 1 bis 9 größer als  $90^\circ$ . Er sollte bevorzugt  $<90^\circ$  sein und hat bevorzugte Werte zwischen  $70$  und  $90^\circ$ , insbesondere zwischen  $75$  und  $85^\circ$ .

Wie nachfolgend an Messkurven erläutert, bringt diese Ausgestaltung eine zusätzliche erhebliche Geräuschreduzierung, erfordert aber meist eine größere axiale Erstreckung des Lüfters als bei der Version nach den Fig. 1 bis 9.

Zum Vergleich ist darauf hinzuweisen, dass bei dem Lüfterrad 22 nach den Fig. 1 bis 9 das äußere Ende 30A bis 30E der Sichel 28 jeweils auf dem gleichen Radiusvektor liegt wie das innere Ende 32A bis 32E, was eine axial kürzere Bauweise ergibt, aber für die Geräuschreduzierung weniger günstig ist als die Version nach den Fig. 10 bis 12, wie sich aus einem Vergleich der Messkurven gemäß Fig. 9 und 12 ergibt.



Die Hinterkanten der Flügel 126A bis 126E sind mit 136A bis 136E bezeichnet und ebenfalls stärker sichelartig gekrümmt als bei der Version nach den Fig. 1 bis 9. Ihr Schnitt mit den Stegen 18 des Gehäuses 12 erfolgt ebenfalls "mit schleifendem Schnitt", wie bei Fig. 1 bis 9 ausführlich beschrieben.

Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass für die Version nach den Fig. 10 bis 12 eine Form des Außengehäuses verwendet wird, bei der die Stege 18 spiegelbildlich zu Fig. 1 verlaufen. Z.B. verläuft bei Fig. 1 der Steg 18 von einer äußeren Stelle, die bei einer Uhr etwa 6 Uhr entsprechen würde, zu einer inneren Stelle, die etwa 8 Uhr entspricht. Bei der Version nach Fig. 10 bis 12 würde dieser Steg 18 von einer äußeren Stelle, die etwa 6 Uhr entspricht, zu einer inneren Stelle verlaufen, die etwa 4 Uhr entspricht. Dadurch ergibt sich für die Lüfterräder der Fig. 10 und 11 der erwähnte "schleifende Schnitt".

Die äußeren radialen Kanten der Flügel 126 sind mit 140A bis 140E bezeichnet. Analog Fig. 5 haben diese Kanten 140 einen kleinen radialen Abstand  $d$  von der Innenseite des Lüftergehäuses 12, z.B. 0,8 mm. Durch den hierbei gebildeten Spalt fließt eine Verlustströmung von der Druckseite zur Saugseite des Lüfters.

Zur Reduzierung dieser Luftströmung sind die einzelnen Flügel 126 im Bereich ihrer radial äußeren Kanten 140 mit sogenannten Winglets 142A bis 142E versehen, die sich in axialer Richtung zwischen Saugseite und Druckseite erstrecken.

Die Form der Winglets 142 ergibt sich sehr gut aus der Darstellung gemäß Fig. 11, welche besonders das Winglet 142D und einen Teil des Winglets 142C sehr gut zeigt. Der Verlauf der Winglets 142 ist der gleiche wie bei Fig. 6 für das Winglet 42C ausführlich beschrieben, und dasselbe gilt für das Profil der Flügel 126, so dass für diesen Teil auf die Beschreibung zu den Fig. 1 bis 9 verwiesen werden kann. In Verbindung mit dem schmalen Luftspalt  $d$  (Fig. 5) bilden die Winglets 142 einen erhöhten Widerstand für die Verlustströmung, die im Betrieb um den äußeren Rand 140 der Flügel 126 herum von der Druckseite zur Saugseite verläuft.

Wie aus Fig. 11 klar hervorgeht, sind die einzelnen Flügel 126 gewunden, d.h. die Stelle, wo ein Flügel 126 aus der Nabe 120 sozusagen heraus wächst, hat etwa die Form eines Gewindeabschnitts, und ebenso haben auch die äußeren Kanten 140 der Flügel 126 etwa die Form eines Gewindeabschnitts, wobei aber, wie dargestellt, die Gewindesteigung im Bereich der Nabe 120 größer ist als im Bereich der radial äußeren Kanten 140.

**Fig. 12** zeigt im Vergleich Lüfterkennlinien für das Lüfterrad 122 ohne Winglets und das Lüfterrad 122 mit den Winglets 142, bei gleichem Luftspalt  $d$  (ebenso wie bei den Darstellungen zu den Fig. 1 bis 9). Die Druckerhöhung für ein Lüfterrad ohne Winglets ist mit  $\Delta p_3$  bezeichnet, und die Druckerhöhung für das gleiche Lüfterrad 122 mit den Winglets 142 ist mit  $\Delta p_4$  bezeichnet. Man erkennt, dass sich ohne Winglets 142 eine geringfügig größere Druckerhöhung  $\Delta p$  ergibt.

Der Schalldruckpegel für ein Lüfterrad ohne Winglets ist mit  $Lp_3$  bezeichnet, und der Schalldruckpegel für das gleiche Lüfterrad 122 mit den Winglets 142 ist mit  $Lp_4$  bezeichnet. Für diese Messung befand sich, ebenso wie bei den Fig. 1 bis 9, das Messmikrofon vor der Ansaugseite des Lüfters in Achshöhe des Lüfters.

Vergleicht man Fig. 12 mit Fig. 9, so erkennt man, dass sich durch die stärkere Sichelung der Vorderkanten 128, in Verbindung mit den Winglets 142, hier über den ganzen Messbereich eine Reduzierung des Schalldruckpegels  $Lp$  ergibt, die besonders im laminaren Bereich sehr ausgeprägt ist. Für die Praxis hängt die Geräuschreduzierung davon ab, in welchem Bereich seiner Kennlinie der betreffende Lüfter betrieben wird, wie das dem Fachmann für Lüfter geläufig ist. Ein physikalischer Grund für die Geräuschminderung könnte sein, dass sich im Bereich der gesichelten Vorderkanten 128 eine Luftströmung ausbilden kann, die entlang einer gesamten Vorderkante 128 von außen nach innen und damit zu einem Bereich mit niedriger Umfangsgeschwindigkeit strömt, wobei die Winglets 142 einen positiven Einfluss auf den Beginn dieser Luftströmung haben.

Eine Messung der Schallleistung LWA bei der Version nach den Fig. 10 bis 12 hat ergeben, dass besonders im Bereich der Terz-Mittenfrequenzen von 5 bis 20 kHz durch die Winglets eine Reduzierung der Schallleistung erreicht werden

konnte. Dagegen differieren im Bereich von 160 bis 4000 Hz die Schalleistungen nur wenig, d.h. durch die Winglets 42 bzw. 142 wird besonders das Rauschen reduziert.

Naturgemäß sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung vielfältige Abwandlungen und Modifikationen möglich.

## Schutzansprüche

1. Lüfter mit einem Luftförderkanal (16) und einem darin angeordneten Lüfterrad (22; 122), welches um eine zentrale Achse (25) drehbar ist und eine zentrale Nabe (20; 120) mit einem Außenumfang (27; 127) aufweist, auf welchem Lüfterflügel (26, 126) befestigt sind, die sich mit ihren radialen Außenkanten (40; 140) bis zu einer zur zentralen Achse (25) im wesentlichen coaxialen, den Luftförderkanal (16) nach außen begrenzenden Fläche (17) erstrecken, welche Flügel (26; 126) jeweils an ihrer Vorderkante (28; 128) konkav und nach Art einer Sichel ausgebildet sind, und im Bereich ihrer radialen Außenkante (40; 140) mit einem Strömungselement (Winglet) (42; 142) versehen sind, das für eine um diese radiale Außenkante (40; 140) von der Druckseite zur Saugseite verlaufende Ausgleichsströmung als Hindernis ausgebildet ist.
2. Lüfter nach Anspruch 1, bei welchem die sichelartige Vorderkante (128), welche sich im Betrieb in Drehrichtung (124) vorwärts bewegt, einen Bereich (132) aufweist, der bezogen auf die Drehbewegung (124) am stärksten nacheilt, welcher Bereich etwa am Übergang von der Nabe (120) zur Vorderkante (128) des betreffenden Flügels (126) liegt.
3. Lüfter nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem die sichelartige Vorderkante (128) eines Flügels (126) mit dem vor dem betreffenden Flügel (126) liegenden Umfangsbereich (127) der Nabe (120) einen Winkel ( $\alpha$ ) einschließt, der etwa  $90^\circ$  oder weniger beträgt (Fig. 10).
4. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Flügel (26; 126) jeweils gewunden ausgebildet sind.
5. Lüfter nach Anspruch 4, bei welchem die Flügel (26; 126) in der Weise gewunden sind, dass ihre Steigung an der Nabe (20; 120) größer ist als die Steigung im Bereich der radialen Außenkanten (40; 140).
6. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher ein

Außengehäuse (12) aufweist, von dem sich mindestens ein quer zum Luftförderkanal (16) verlaufender Steg (18) weg erstreckt, und die Hinterkante (36; 136) der Flügel (26; 126) konvex in der Weise ausgebildet ist, dass bei der Drehung des Lüfterrades (22; 122) diese Hinterkante (36; 136), in der Draufsicht gesehen, diesen Steg (18) an aufeinander folgenden Zeitpunkten an verschiedenen Stellen schneidet.

7. Lüfter nach Anspruch 6, bei welchem die konvexe Hinterkante (36; 136) mit schleifenden Schnitten ausgebildet ist.
8. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Flügel (26; 126), in einem sagittalen Schnitt gesehen, ein Profil (Fig. 6) aufweisen, das ähnlich dem Tragflächenprofil eines Flugzeugs ausgebildet ist.
9. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Strömungselemente (42; 142) sich zumindest bereichsweise beidseitig, also druck- und saugseitig, längs der radialen Außenkanten (40; 140) der Flügel (26; 126) erstrecken.
10. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Strömungselemente (Winglets) (42; 142) zumindest bereichsweise auf der Druckseite, in Achsrichtung gesehen, höher ausgebildet sind als auf der Saugseite.
11. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Strömungselemente (42; 142) jeweils ein Profil aufweisen, das im Bereich der Vorderkante (28; 128) eines Lüfterflügels (26; 126) von dieser Vorderkante (28; 128) aus nach Art der Vorderkante einer Flugzeug-Tragfläche zunimmt, und im Bereich der Hinterkante (36; 136) nach Art der Hinterkante einer Flugzeug-Tragfläche spitz ausläuft.
12. Lüfter mit einem Luftförderkanal (16) und einem darin angeordneten Lüfterrad (22; 122), welches um eine zentrale Achse (25) drehbar ist und eine zentrale Nabe (20; 120) mit einem Außenumfang (27; 127) aufweist,

auf welchem Lüfterflügel (26; 126) befestigt sind, die sich mit ihren radial äußeren Rändern (40; 140) bis zu einer zur zentralen Achse (25) im wesentlichen koaxialen, den Luftförderkanal (16) nach außen begrenzenden Fläche (17) erstrecken, welche Flügel (26; 126) jeweils ein Profil aufweisen, das ähnlich dem Tragflächenprofil eines Flugzeugs ausgebildet ist, wobei entlang der radialen Außenkante (40; 140) der Lüfterflügel (26; 126) jeweils ein Strömungselement (Winglet) (42; 142) vorgesehen ist, das für eine um diese radiale Außenkante (40; 140) von der Druckseite zur Saugseite verlaufende Ausgleichsströmung als Hindernis ausgebildet ist, welches Strömungselement (42; 142) im Querschnitt ebenfalls im wesentlichen wie ein Tragflächenprofil ausgebildet ist und im Bereich der Vorderkante (28; 128) und der Hinterkante (36; 136) eines Flügels (26; 126) im wesentlichen denselben Verlauf hat wie der benachbarte Teil des zugeordneten Flügels (26; 126), und in einem mittleren Bereich (48) zwischen Vorder- und Rückkante um einen etwa konstanten Betrag breiter ist als der benachbarte Teil des Flügels (26; 126).

13. Lüfter nach Anspruch 12, bei welchem in einem Übergangsbereich zwischen Vorderkante (28; 128) und mittlerem Bereich (48) das Verhältnis von axialer Erstreckung des Strömungselements (42; 142) zur axialen Erstreckung (D) des benachbarten Flügels (26) in Richtung weg von der Vorderkante (28; 128) zunimmt.
14. Lüfter nach Anspruch 12 oder 13, bei welchem in einem Übergangsbereich zwischen Hinterkante (36; 136) und mittlerem Bereich (48) das Verhältnis von axialer Erstreckung des Strömungselements (42; 142) zur axialen Erstreckung (D) des benachbarten Flügels (26; 126) in Richtung weg von der Hinterkante (36; 136) zunimmt.
15. Lüfter nach einem der Ansprüche 11 bis 14, bei welchem die Strömungselemente (Winglets) (42, 142) sich zumindest bereichsweise beidseitig, also druck- und saugseitig, längs des radial äußeren Randes der Lüfterflügel (26; 126) erstrecken.

16. Lüfter nach einem der Ansprüche 11 bis 15, bei welchem die Strömungselemente (Winglets) (42; 142) zumindest bereichsweise auf der Druckseite, in Achsrichtung gesehen, höher ausgebildet sind als auf der Saugseite.
17. Lüfter nach einem der Ansprüche 11 bis 16, bei welchem die Flügel (26; 126) jeweils in der Weise gewunden sind, dass ihre Steigung an der Nabe (20; 120) größer ist als die Steigung im Bereich der radial äußeren Kante (40; 140).
18. Lüfter nach einem der Ansprüche 11 bis 17, bei welchem die Flügel (26; 126) im Bereich der Hinterkante konvex und mit schleifenden Schnitten ausgebildet sind.
19. Lüfter mit einem Luftförderkanal (16) und einem darin angeordneten Lüfterrad (122), welches um eine zentrale Achse (25) drehbar ist und eine zentrale Nabe (120) mit einem Außenumfang (127) aufweist, auf welchem Lüfterflügel (126) befestigt sind, die sich mit ihren radial äußeren Rändern (140) bis zu einer zur zentralen Achse (25) im wesentlichen coaxialen, den Luftförderkanal (16) nach außen hin begrenzenden Fläche (17) erstrecken, welche Flügel (126) jeweils an ihrer Vorderkante (128) konkav und sichelförmig in der Weise ausgebildet sind, dass das radial äußere Ende (130) einer Sichel (128), bezogen auf die Drehrichtung (124), in Umfangsrichtung weiter vorne liegt als das nabenseitige Ende (132) der Sichel (128),  
ferner mit entlang des radial äußeren Randes (140) der Lüfterflügel (126) vorgesehenen Strömungselementen (Winglets) (142), die für eine um diesen radial äußeren Rand (140) von der Druckseite zur Saugseite verlaufende Ausgleichsströmung als Hindernis ausgebildet sind, wobei die Flügel (126) gewunden ausgebildet sind und eine konvexe Hinterkante (136) mit schleifenden Schnitten aufweisen.
20. Lüfter nach Anspruch 19, bei welchem die sichelförmige Vorderkante (128) einen Bereich (132) aufweist, der, bezogen auf die Drehbewegung (124),

am stärksten nacheilt, welcher Bereich im wesentlichen am Übergang von der Nabe (120) zur Vorderkante (128) des betreffenden Flügels (126) liegt.

21. Lüfter nach Anspruch 19 oder 20, bei welchem die sichelförmige Vorderkante (128) mit dem vor dem betreffenden Flügel (126) liegenden Bereich der Nabe (120) einen Winkel ( $\alpha$ ) einschließt, der etwa  $90^\circ$  oder weniger beträgt.
22. Lüfter nach einem der Ansprüche 19 bis 21, bei welchem die Flügel (126) in der Weise gewunden sind, dass ihre Steigung an der Nabe (120) größer ist als die Steigung im Bereich der radial äußeren Kanten (140).
23. Lüfter nach einem der Ansprüche 19 bis 22, welcher ein Außengehäuse (12) aufweist, von dem sich mindestens ein quer zum Luftförderkanal (16) verlaufender Steg (18) weg erstreckt, und die Hinterkante (136) der Flügel (126) konvex in der Weise ausgebildet ist, dass bei einer Drehung des Lüfterrades (122) diese Hinterkante (136), in der Draufsicht gesehen, diesen Steg (18) zu aufeinanderfolgenden Zeitpunkten an verschiedenen Stellen schneidet.
24. Lüfter nach einem der Ansprüche 19 bis 23, bei welchem die Lüfterflügel (126), in einem sagittalen Schnitt gesehen, ein Profil aufweisen, das etwa dem Tragflächenprofil eines Flugzeugs entspricht.
25. Lüfter nach einem der Ansprüche 19 bis 24, bei welchem die Strömungselemente (142) sich zumindest bereichsweise beidseitig, also druck- und saugseitig, längs des radial äußeren Randes (140) der Lüfterflügel (126) erstrecken.
26. Lüfter nach einem der Ansprüche 19 bis 25, bei welchem die Strömungselemente (142) jeweils ein Profil aufweisen, das im Bereich der Vorderkante (128) eines Lüfterflügels (126) von dieser Vorderkante (128) aus nach Art der Vorderkante einer Flugzeug-Tragfläche zunimmt und im Bereich der Hinterkante (136) nach Art der Hinterkante einer Flugzeug-Tragfläche ausläuft.



27. Lüfter mit einem Luftförderkanal (16) und einem darin angeordneten Lüfterrad (22; 122), welches um eine zentrale Achse (25) drehbar ist und eine zentrale Nabe (20; 120) mit einem Außenumfang (27; 127) aufweist, auf welchem Lüfterflügel (26; 126) befestigt sind, die sich mit ihren radial äußeren Rändern (40; 140) bis zu einer zur zentralen Achse (25) im wesentlichen koaxialen, den Luftförderkanal (16) nach außen begrenzenden Fläche (17) erstrecken, welche Flügel (26; 126) jeweils, in einem sagittalen Schnitt gesehen, ein Profil aufweisen, dessen Dicke (D), von der Vorderkante (28; 128) eines Flügels (26; 126) ausgehend etwa bis zu dessen Mitte zunimmt und dann in Richtung zur Hinterkante (36; 136) des Flügels abnimmt und an dieser Hinterkante (36; 136) im wesentlichen spitz ausläuft, wobei entlang der radialen Außenkante (40; 140) der Lüfterflügel (26; 126) jeweils ein Strömungselement (Winglet) (42; 142) vorgesehen ist, das für eine um diesen radiale Außenkante (40; 140) von der Druckseite zur Saugseite verlaufende Ausgleichsströmung als Hindernis ausgebildet ist.
28. Lüfter nach Anspruch 27, bei welchem die Strömungselemente (42; 142) sich zumindest bereichsweise beidseitig, also druck- und saugseitig, längs des radial äußeren Randes (40; 140) der Lüfterflügel (26; 126) erstrecken.
29. Lüfter nach Anspruch 27 oder 28, bei welchem die Strömungselemente (42; 142) (Winglets) zumindest bereichsweise auf der einer Seite, in Achsrichtung gesehen, höher ausgebildet sind als auf der gegenüber liegenden Seite.
30. Lüfter nach einem der Ansprüche 27 bis 29, bei welchem die Strömungselemente (42; 142) jeweils ein Profil aufweisen, das im Bereich der Vorderkante (28; 128) eines Lüfterflügels (26; 126) von dieser Vorderkante (28; 128) aus nach Art der Vorderkante einer Tragfläche zunimmt und im Bereich der Hinterkante (36; 136) nach Art der Hinterkante einer Tragfläche ausläuft.
31. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die

Lüfterflügel (26; 126), in einem radialen Schnitt gesehen, in Richtung zur Saugseite konvex ausgebildet sind und zumindest auf einem Teil ihrer Erstreckung in ihrem radial äußeren Bereich unter einem Krümmungsradius in einen zur Saugseite ragenden Teil des Strömungselements (42; 142) übergehen.

32. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Lüfterflügel (26; 126), in einem radialen Schnitt gesehen, in Richtung zur Druckseite konkav ausgebildet sind und zumindest auf einem Teil ihrer Erstreckung mit ihrem radial äußeren Rand unter einem Krümmungsradius in einen zur Druckseite ragenden Teil des zugeordneten Strömungselements (42; 142) übergehen.
33. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem mindestens ein Teil der Lüfterflügel (26; 126), in Umfangsrichtung gesehen, eine unterschiedliche Winkelerstreckung aufweist.
34. Lüfter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher als Diagonallüfter ausgebildet sind und bei welchem Winglets (42; 142) nur auf der Saugseite der Flügel (26; 126) vorgesehen sind.

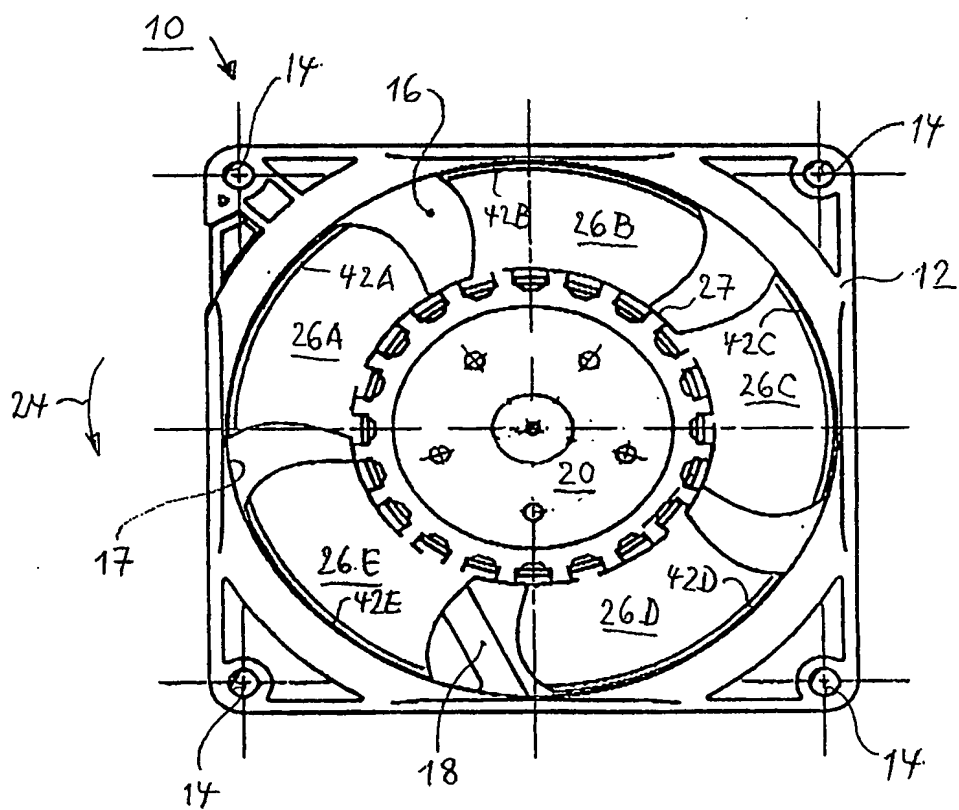
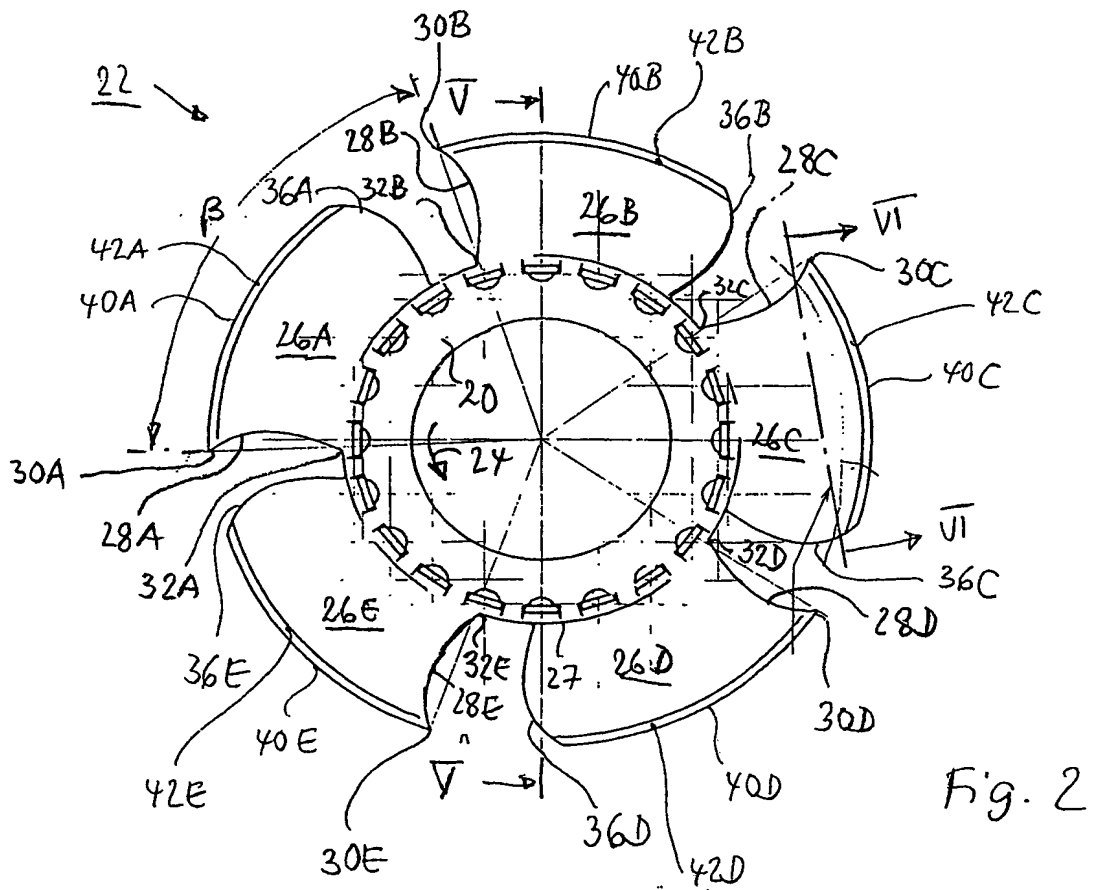


Fig. 1



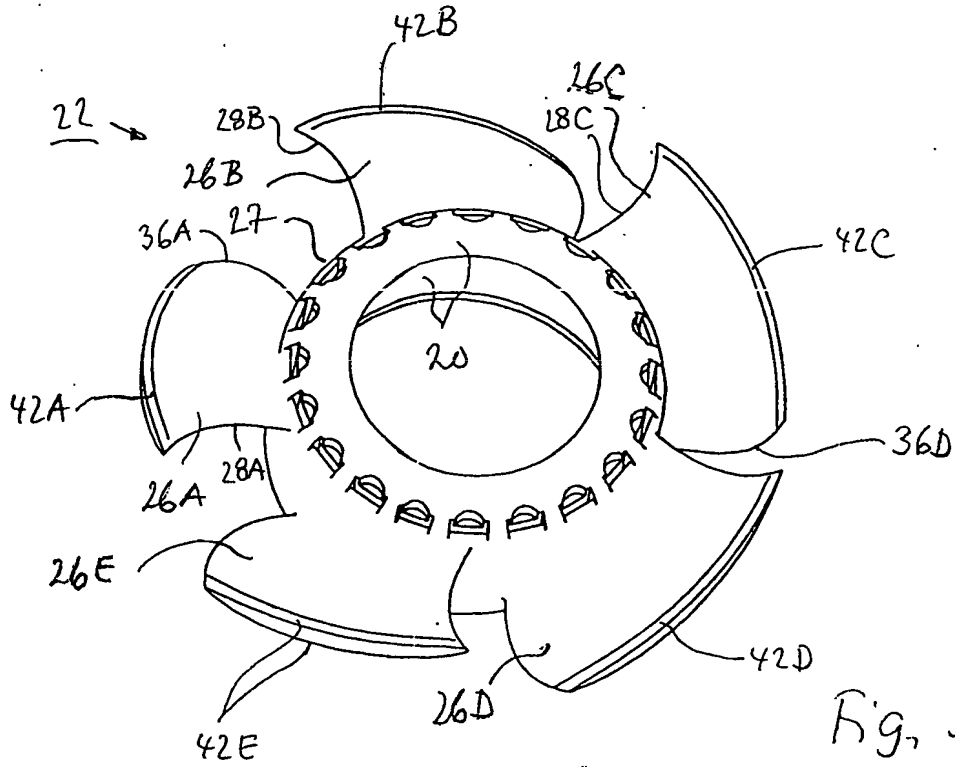


Fig. 3

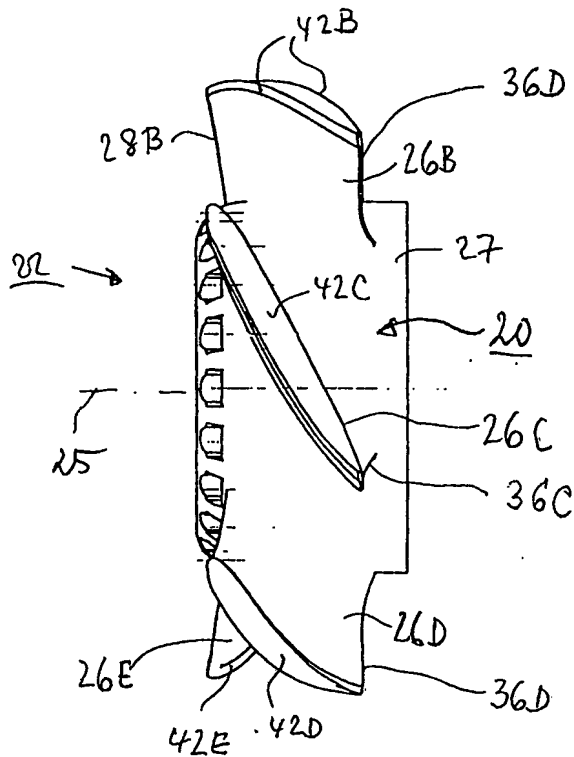


Fig. 4

4/9

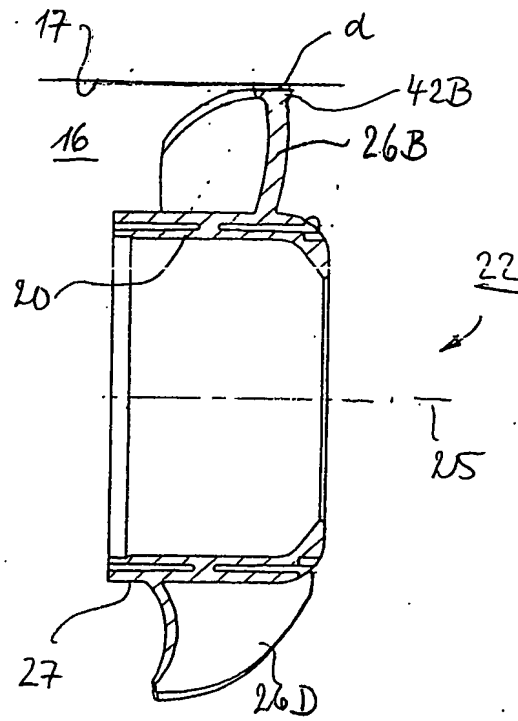


Fig. 5

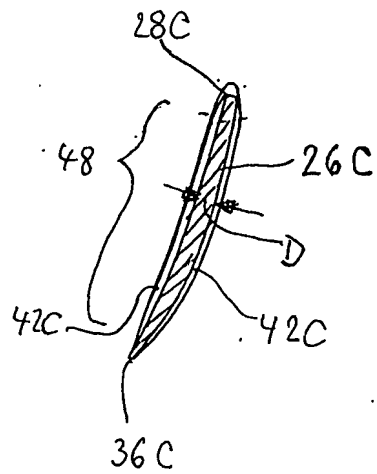
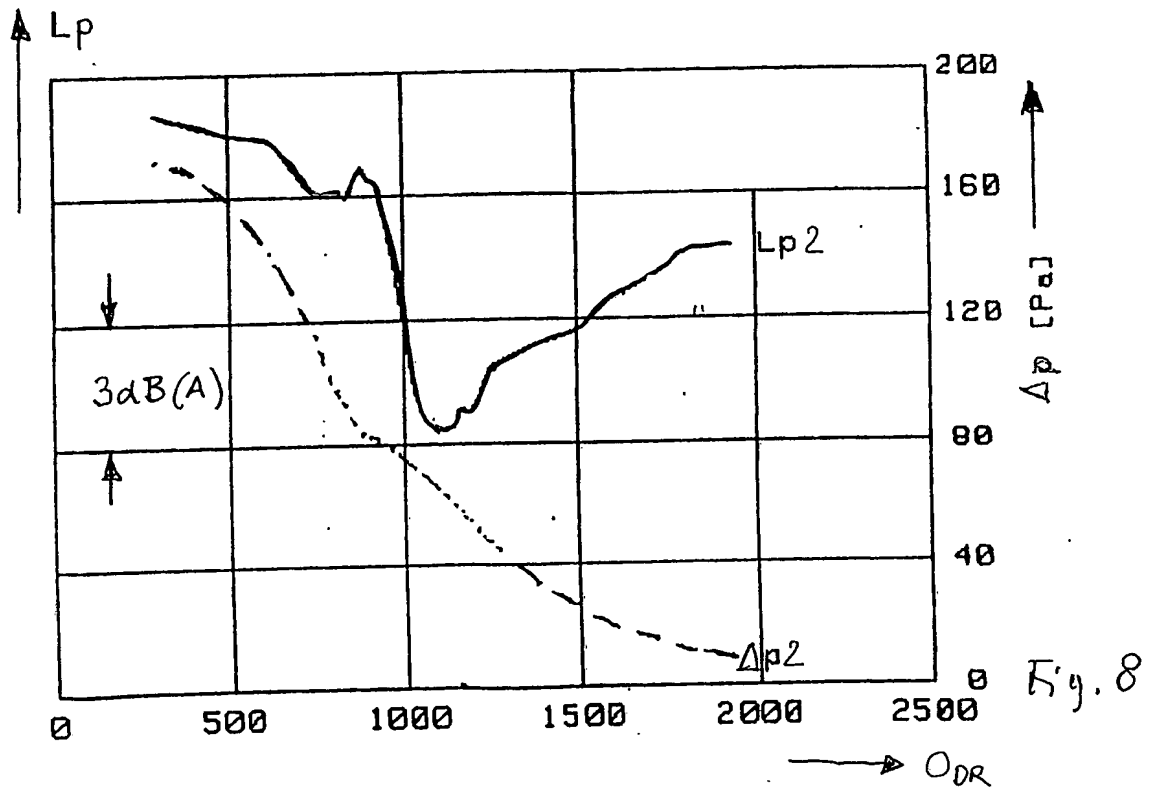
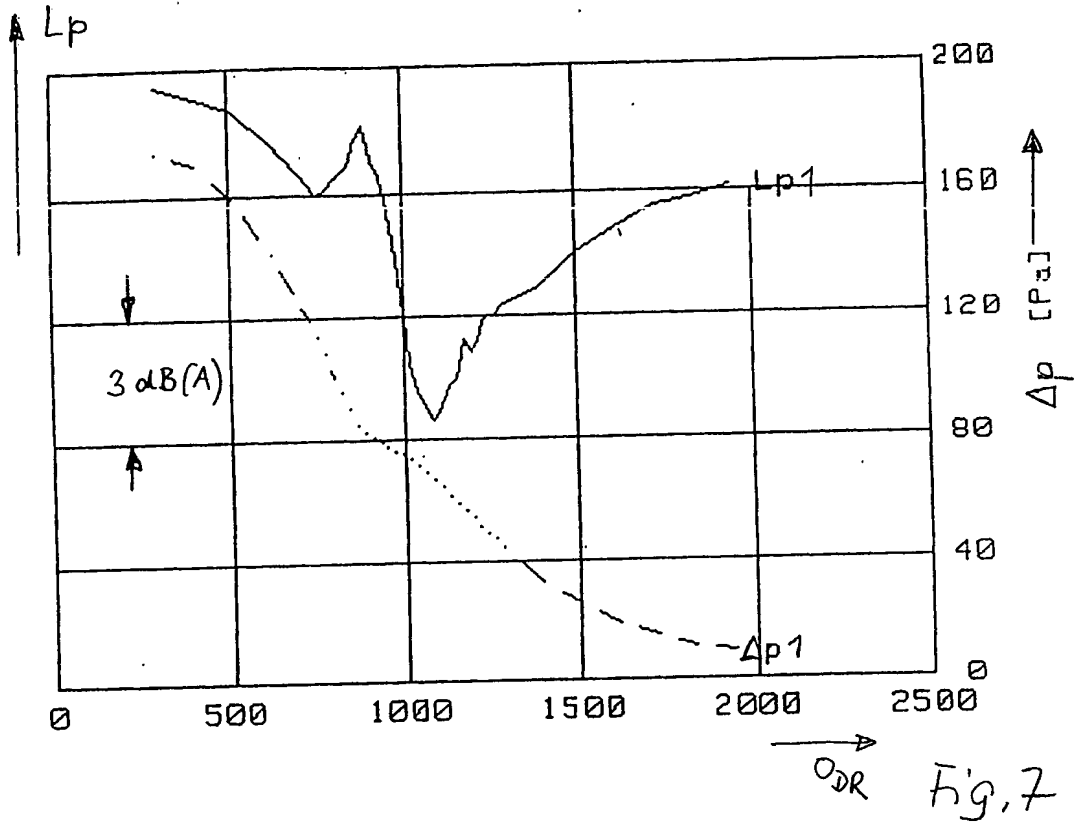


Fig. 6

5/9



6/9

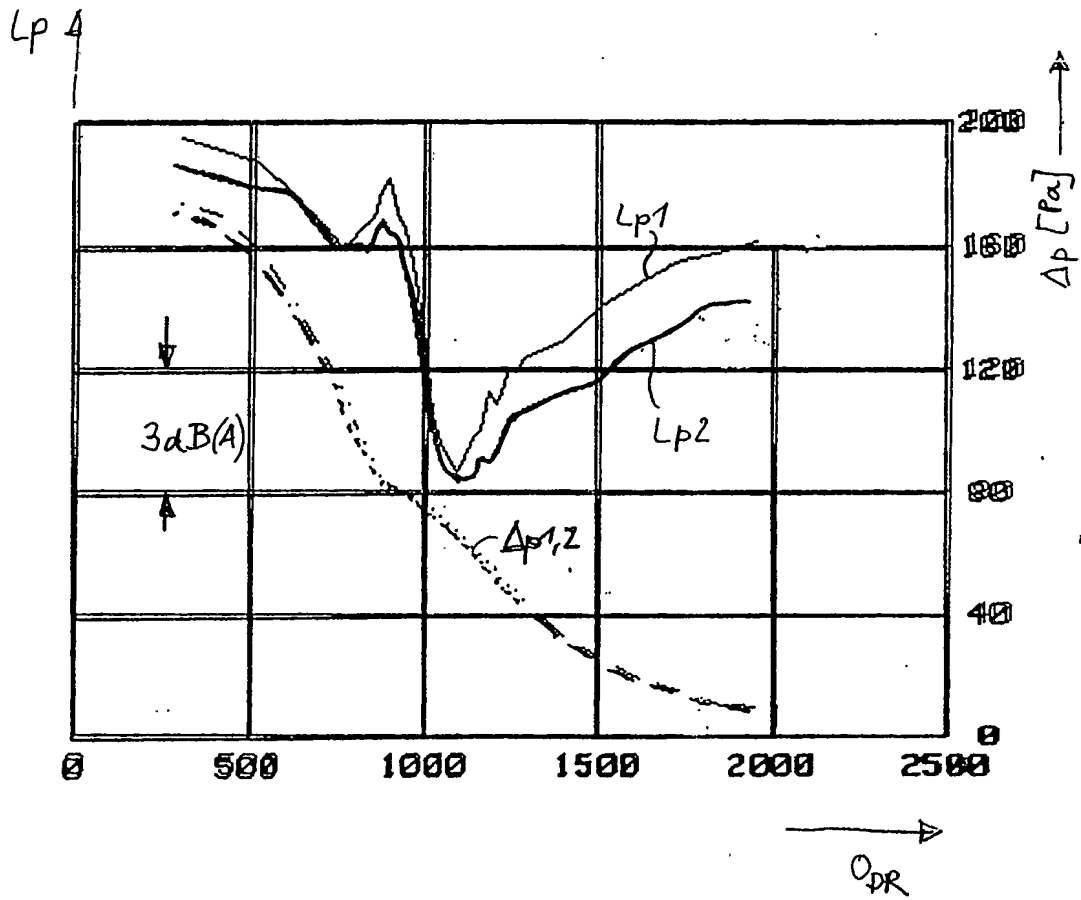


Fig. 9



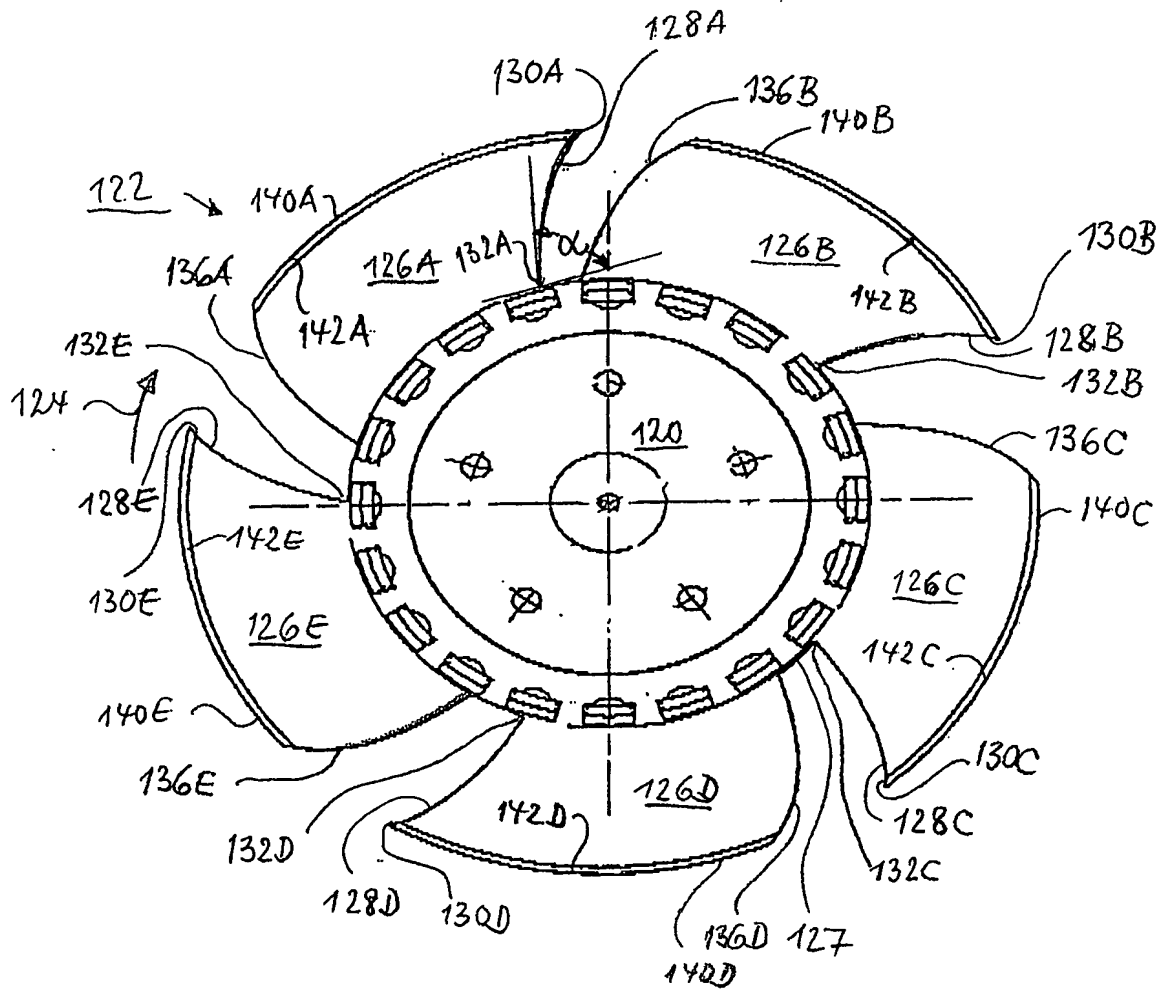


Fig. 10

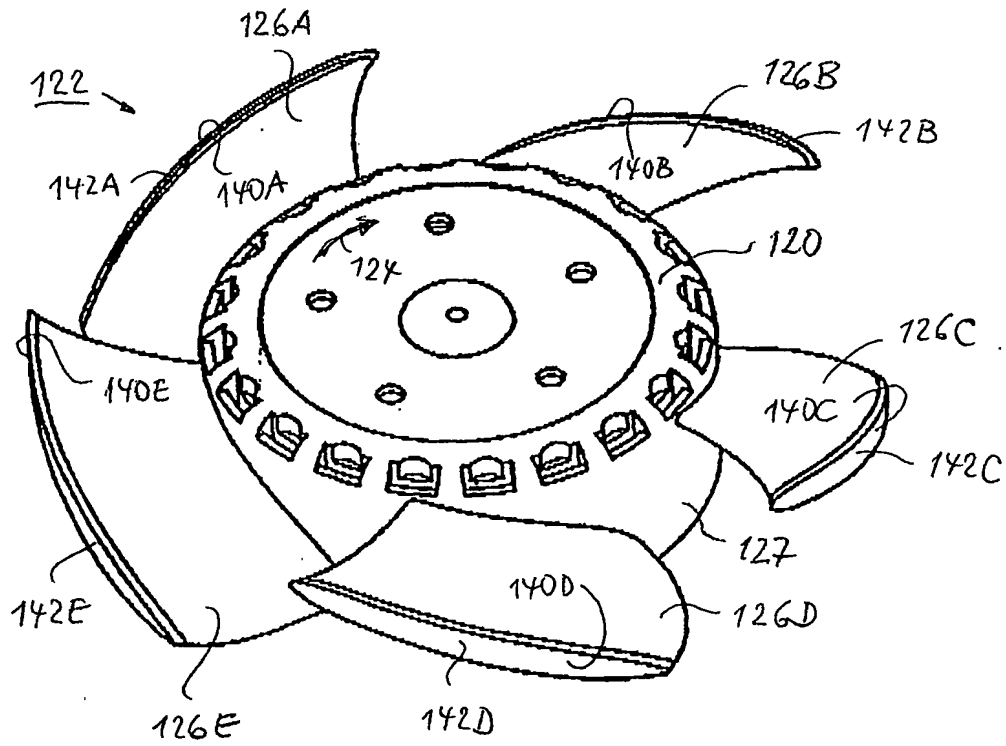


Fig. 11

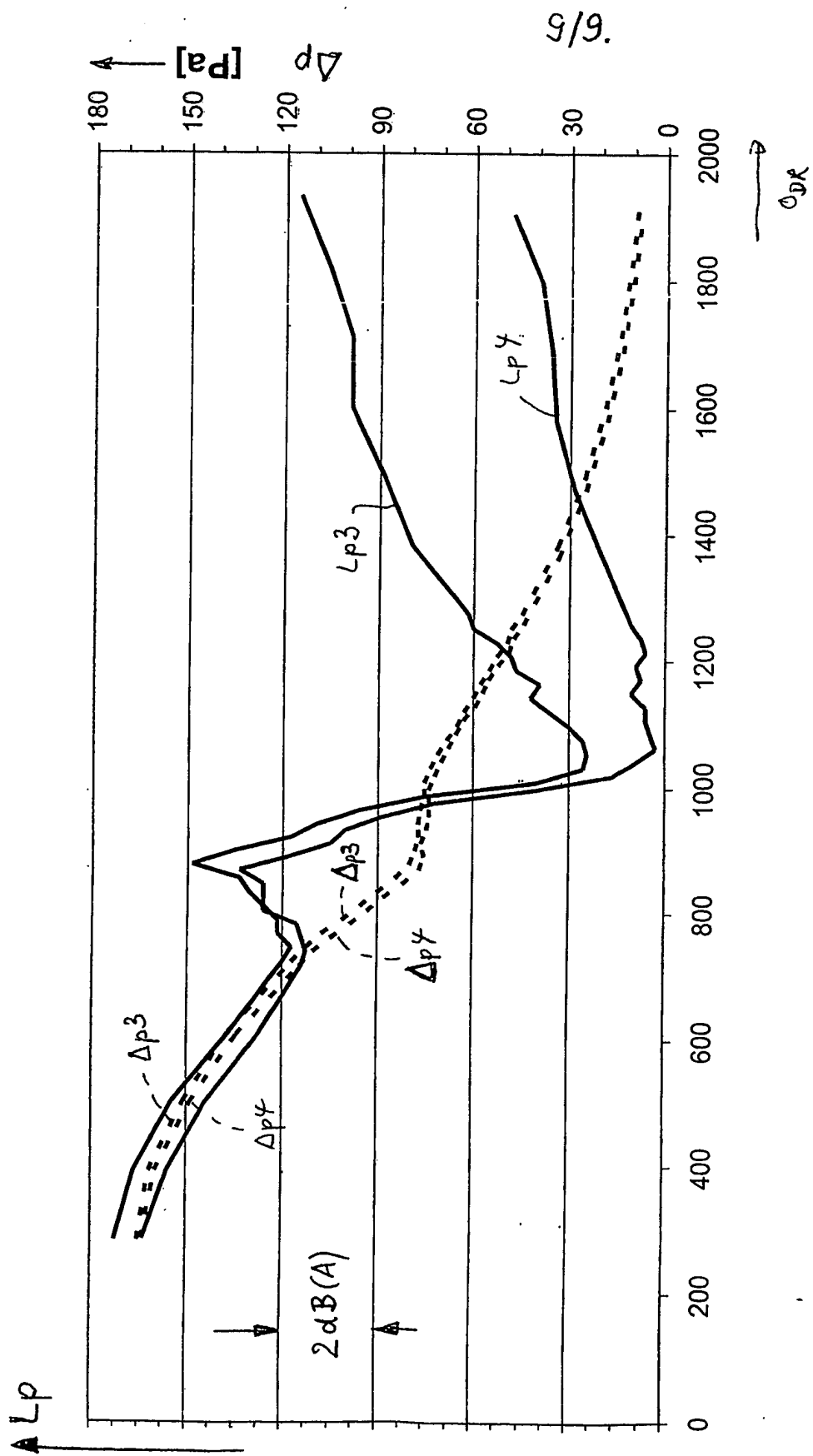


Fig. 12

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**